

RAPPORT 2019/7

Återkolonisering av hjortdjur inom brandområdet i Västmanland

Metodtest av viltinventering med värmekameraförsedd drönare



© Skogsstyrelsen, januari 2019

FÖRFATTARE

Annette Eilert och Katrin Magnusson

OMSLAGSFOTO

Bild: foto på älgar tagen med värmekameraförsedd drönare. Magnusson/ Eilert.

GRAFISK PRODUKTION

Bo Persson

UPPLAGA

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Bakgrund	6
1.1 Drönare	6
1.2 Värmeamera	7
2 Syfte	8
2.1 Frågeställningar	8
2.2 Avgränsningar	8
3 Material och metod	9
3.1 Material	9
3.2 Metod	9
3.2.1 Förberedelse	9
3.2.2 Fältarbete	9
3.2.3 Efterarbete	10
4 Resultat	11
4.1 Återinventering	12
5 Diskussion och slutsats	13
5.1 Inventering av vilt och vilttäthet	13
5.2 Hur säkert var observationerna	13
5.3 Osäkerhetsfaktorer	14
5.4 Utrustning	14
5.5 Planering	15
5.6 Fält	15
5.7 Tolkning av värmesignaturer	16
5.8 Slutsats	17
6 Referenser	18
7 Bilagor	19

Sammanfattning

Skadeinventering av plantskog inom det ca 14 000 hektar stora brandområdet i Västmanland visade 2018 på ett högt betetryck, vilket visar att hjortdjuren har hittat tillbaka till området. Eftersom det är av stort intresse att bättre förstå hur hjortdjur söker sin föda i landskapet och skillnader mellan olika hjortdjur fanns ett önskemål att kartlägga täthet av olika hjortdjur som vistas inom området. Som ett led i att utforska nya användningsområden för drönare valdes att göra en metodtest av viltinventering med hjälp av drönare försedd med värmekamera.

60 stycken provrutor (10 hektar/ styck) lades systematiskt ut i en avgränsad del av norra delen av brandområdet, ca 3 000 hektar. 33 stycken (330 hektar) av dessa avsåktes med värmekameraförsedd drönare genom autonom flygning i stråk på 60 meters höjd.

Resultatet indikerar att det inventerade området hade en älgtäthet av 33 individer per 1000 hektar. Detta kan tyckas vara en mycket hög täthet men är i själva verket fullt rimlig när man tar hänsyn till att området består av ungskog, dvs goda älgmarker. Studien visade att det med värmekameraförsedd drönare är relativt enkelt att särskilja älgens värmesignatur från mindre hjortdjur men problematiskt att särskilja kronhjort från rådjur på vald höjd.

Svårigheten att upptäcka vilt under täta krontak, främst gran, kan påverka resultatet därför behöver metoden utvecklas vidare för att öka tillförlitligheten. Drönarens begränsande batteritid samt gällande regelverk gör att metoden i nuläget är begränsad till mindre arealer. Metoden har potential att vara ett komplement till traditionella viltinventeringsmetoder.

Nyckelord: drönare, värmekamera, viltinventering, älg, viltskador

1 Bakgrund

Den 31 juli 2014 utbröt en brand inom ett skogsområde i Västmanland. Branden utvecklades till att bli den största skogsbranden sedan 1950-talet i Sverige. Branden gick på många ställen mycket djupt där hela det organiska markskiktet blev utbränt. Efter branden har åtgärder vidtagits för att en ny skog ska etableras inom området. Detta har inneburit ett unikt tillfälle för att undersöka hur vilda hjorddjur kommer tillbaka till området efter att nytt foder åter finns tillgängligt. Den nya skog som håller på att utvecklas erbjuder mycket mat inom ett stort område. Sedan tidigare studier visar att våra svenska hjorddjur (älg, rådjur, kronhjort och dovhjort) har olika födovänor men också att de överlappar varandra i mer eller mindre hög utsträckning. Rådjur och älg är till exempel mer utpräglade löv och kvistbetare medan kronhjort och särskilt dovhjort har en betydligt större andel gräs i födan. Eftersom djuren skiljer sig åt även i storlek betar de vegetation vid olika men överlappande höjdintervall¹.

Inom älgförvaltningen används information om tillgång till ungskog för att beskriva och prognosticera fodertillgång i ett förvaltningsområde. Brandområdet i Västmanland kan lära oss mer om hur och vid vilken tidpunkt djuren finner den nya skog som etableras tillräckligt attraktiv för att utgöra födoplats. En viltskadeinventering som genomfördes våren 2018 visade att en hög andel av tallarna, som vid denna tidpunkt var mellan 0,5–1 meter hög, hade skadats av hjorddjur. Inventeringen uppmätte att 20 procent av tallarna hade viltskador på toppskottet². Det går inte att avgöra via en okulär besiktning av toppskottet vilket hjorddjur som är orsaken till skadan. För att ta reda på vilka hjorddjur och i vilka tätheter dessa finns i inom området kan flyginventering eller spillningsinventering användas. Dessa metoder är väl etablerade men har vissa svagheter. Inom detta projekt undersöktes möjligheten att inventera förekomst och täthet av vilt via en värmekameraförsedd drönare.

1.1 Drönare

Intresset för drönare har under de senaste åren ökat kraftigt och spridit sig till många olika branscher. Anledningen kan vara att utbudet av drönare och sensorer ökar kraftigt tillsammans med olika typer av mjukvaror och appar. Med detta utbud blir det enklare att samla in, tolka och processa olika typer av data, framför allt fälldata från skogsbruket.

¹ Ruth V. Nichols, Joris P. G. M., Cromsigt, Göran Spong. (2015). DNA left on browsed twigs uncovers bite-scale resource use patterns in European ungulates. *Community Ecology*. 178 (1) :275–84

² Bergqvist, J., Fries, C., Hazell, P., & Isacson, G. (2014) Föryngringsarbetet efter branden i Västmanland 2014.

Drönare kategoriseras som ett obemannat luftfartyg och delas in i två huvudgrupper: multirotor (propeller) som startar och landar vertikalt samt fixed wing (fastvinge) som startar och landar vågrätt³. En drönare kan utrustas med olika kameror och sensorer för att samla in data. Drönarens storlek, vikt, flygtid (batterikapacitet) samt räckvidd varierar kraftigt mellan olika modeller. Drönare kan flyga en förprogrammerad rutt av sig självt (autonomt) eller styras i realtid av en pilot⁴.

1.2 Värmekamera

Tyska fysikern Max Planck upptäckte redan år 1900 att alla föremål som har en temperatur över den absoluta nollpunkten (-273,15 grader Celsius) avger infraröd strålning. Denna strålning uppfattas av en värmekamera som sedan visualiserar olika värmetal genom färgerna mörkblått, gult, orange, grönt samt rött⁵. Eftersom vilt avger värme ses detta genom värmekameran som en värmesignatur. Varje individ har sin unika signatur beroende på djurets storlek och hur mycket värme som strålar ut från olika delar av kroppen. Stora partier som buk, huvud och rygg ger en större yta av värmesignatur. Artbestämning via signaturer sker både genom storleksbedömning samt identifiering av karakteristiska former som är artspecifika. Genom värmekameran får till exempel älgens huvud en mycket karaktäristisk trekantig form.

Att använda en värmekameraförsedd drönare vid viltinventering har i Sverige provats vid endast ett fåtal tillfällen. Under 2018 genomfördes två examensarbeten (Skogskandidatprogrammet, Linnéuniversitetet, Växjö⁶ samt Kommersiell drönaroperatörutbildning, Trafikflyghögskolan, Lunds Universitet⁷) där värmekameraförsedd drönare användes vid enklare försök av viltinventering. Resultaten visar att viltinventering med värmekameraförsedd drönare är möjligt men metoden behöver vidareutvecklas inom områden så som tolkning av värmesignaturer, drönarens batteritid samt regelverket för drönarflygningar.

³ Tang, L., Shao, G. (2015). Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of Forestry Research* 26, 4, p. 791–797

⁴ Eilert, A. (2018). Drönares fördelar och begränsningar vid älginventering med värmekamera. Institutionen för teknik. Lunds Universitet/ Folkuniversitetet, Malmö

⁵ Schönborn, J., Haglund, J., Xie, C. (2014). Pupils early explorations of thermoimaging to interpret heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 1, 118–132

⁶ Petersson, A., Johansson, E. (2017). Älginventering med värmekamera monterad på drönare. Institutionen för träteknik. Linnéuniversitetet, Växjö

⁷ Eilert, A. (2018). Drönares fördelar och begränsningar vid älginventering med värmekamera. Institutionen för teknik. Lunds Universitet/ Folkuniversitetet, Malmö

2 Syfte

Denna studie hade två syften. Det huvudsakliga syftet var att undersöka i vilken utsträckning brandområdet i Västmanland har återkoloniserats av hjortdjur. Eftersom den inventeringsmetod som användes fortfarande är i sin linda vad gäller viltinventering var syftet också att undersöka om värmekameraförsedd drönare kan vara ett alternativ/komplement till traditionella viltinventeringsmetoder.

2.1 Frågeställningar

- Vilka olika hjortdjur befinner sig inom området?
- Vilka fördelar samt begränsningar finns med att använda värmekameraförsedd drönare vid viltinventering?

2.2 Avgränsningar

Fältarbetet genomfördes under vecka 49 (3-8 december) 2018. Rapporten undersöker inte olika modeller av värmekameror eller drönare utan fokuserar på praktisk användbarhet av en typ av värmekamera och drönare samt tillförlitlighet av insamlade fältdata. Rapporten innehåller inte någon jämförande kostnadsberäkning mellan olika viltinventeringsmetoder.

3 Material och metod

3.1 Material

Drönare:	DJI Inspire 1 V2.0 inkl. handkontroll från DJI (bilaga 1)
Kamera:	Flir XT640, 30Hz, 19mm från Flir (bilaga 2)
Batterier:	5 st TB48 high capacity från DJI
Mjukvaruprogram:	DroneDeploy
Sammanställning:	Excel
Övrigt:	1st iPad mini från Apple 1st DJI Goggles VR glasögon från DJI 1st värmebox från Asaklitt

3.2 Metod

3.2.1 Förberedelse

På kontoret förbereddes ett systematiskt mönster av 60 stycken kvadratiske rutor över den norra delen av brandområdet (Figur 2). Målsättningen var att 1/5 av markarealen skulle inventeras inom ett begränsat område under en vecka. Därför valdes 60 stycken av rutorna ut som en bruttovolym av provrutor för inventering inom ett relativt sammanhängande område. Eftersom drönaren måste starta i närheten av provrutorna (begränsad batteritid) och att höjdskillnaden inom provrutorna inte fick vara för stor valdes provrutorna ut subjektivt. Full yttäckning av provrutor eftersträvades. Det innebar att provrutor som innehöll sjö, tjärn, vägar eller delvis hamnade utanför berört område valdes bort.

Varje ruta var 316,2 x 316,2 meter, dvs 10 hektar. KMZ-filer skapades i mjukvaruprogrammet ArcMap och omvandlades till KML-format. Alla KML-filer importerades sedan till appen DroneDeploy⁸ för att förbereda så mycket som möjligt inne på kontoret innan fältbesök. DroneDeploy lägger automatiskt upp en rutt som förslag men inför varje provruta reglerades vissa parametrar manuellt innan start. Flyghöjden justerades till 60 meter, vilket innebär den höjd som drönaren direkt intar vid start och sedan statiskt följer oavsett topografi. Hastigheten valdes till 4m/s och överlapp (front och side) till 30 procent. Det innebär att varje stråk har ett överlapp med tidigare stråk både framåt och i sidled (Figur 3). Den genomsnittliga flygtiden per ruta beräknades automatiskt till 11 minuter av DroneDeploy.

3.2.2 Fältarbete

Fältarbetet utfördes under vecka 49 (3–8 december) 2018. För att med bil kunna hitta till varje provruta ute i fält användes KML-filerna tillsammans med Google Maps funktionen ”Dina platser” i en mobiltelefon. Flygning planerades till gryning och skymning eftersom vilt är som mest i rörelse till och från foderplatser

⁸ DroneDeploy – Mapping for DJI. 2016. Mobil applikation. Tillgänglig på:
<https://itunes.apple.com/us/app/dronedeploy-fast-aerial-data/id971358101>
Hämtad: 2019-02-22

vid dessa tidpunkter⁹. För att inte skrämma vilt planerades start och landning av drönaren ca 100m från provrutan.

Drönarens batterier är känsliga för kyla. Utsätts de för kyla tappar de snabb batterikapacitet och därmed flygtid. För att maximera flygtiden förvarades batterierna i en värmebox kopplad till ett av bilens 12V-uttag fram till start. På plats vid provrutan startades handkontrollen, försedd med iPad mini, samt DJI Goggles . Därefter öppnades appen DroneDeploy i iPaden. Den planerade provrutans höjd, hastighet och överlapp justerades så att alla provrutor skulle bli identiska. Därefter startades drönaren och rutten laddades upp. När drönaren och DroneDeploy har kontakt samt givit klartecken påbörjades den autonoma flygningen med ett knapptryck.

När drönaren nått provrutan startade själva inventeringen. Insamling av foto sker automatiskt med hjälp av DroneDeploy. Film spelas in genom att manuellt starta skärminspelning på iPad. En person observerade eventuella värmesignaturer via iPaden och en person via DJI Goggles. Alla värmesignaturer analyserades och beskrevs så utförligt som möjligt med penna på papper. Alla träffar som noterats ute i fält summerades i en tabell (Excel) inne på kontoret. På fem stycken provrutor där värmesignatur uppstått så återinventerades hela provrutan igen direkt efter första flygningen med exakt samma rutt. Detta för att få en uppfattning om observerbarheten.

Målet var att fånga in värmesignaler från alla hjortdjur som befann sig inom rutans avgränsning.

3.2.3 Efterarbete

Alla foton granskades manuellt en gång till efter fältbesöket. Granskningen skedde på kontoret via datorskärm av två personer (samma personer som gjorde fältarbetet). Vid träff av signatur eller annat intressant antecknades detta i samma tabell som användes för att notera träffarna i fält. Varför materialet granskades en gång till var för att säkerställa metoden när det gäller tolkning av värmesignaturer i foton. Detta är inget som normalt ska ske i den slutgiltiga versionen av metoden.

För att räkna ut vilttätheten i området användes följande formel:

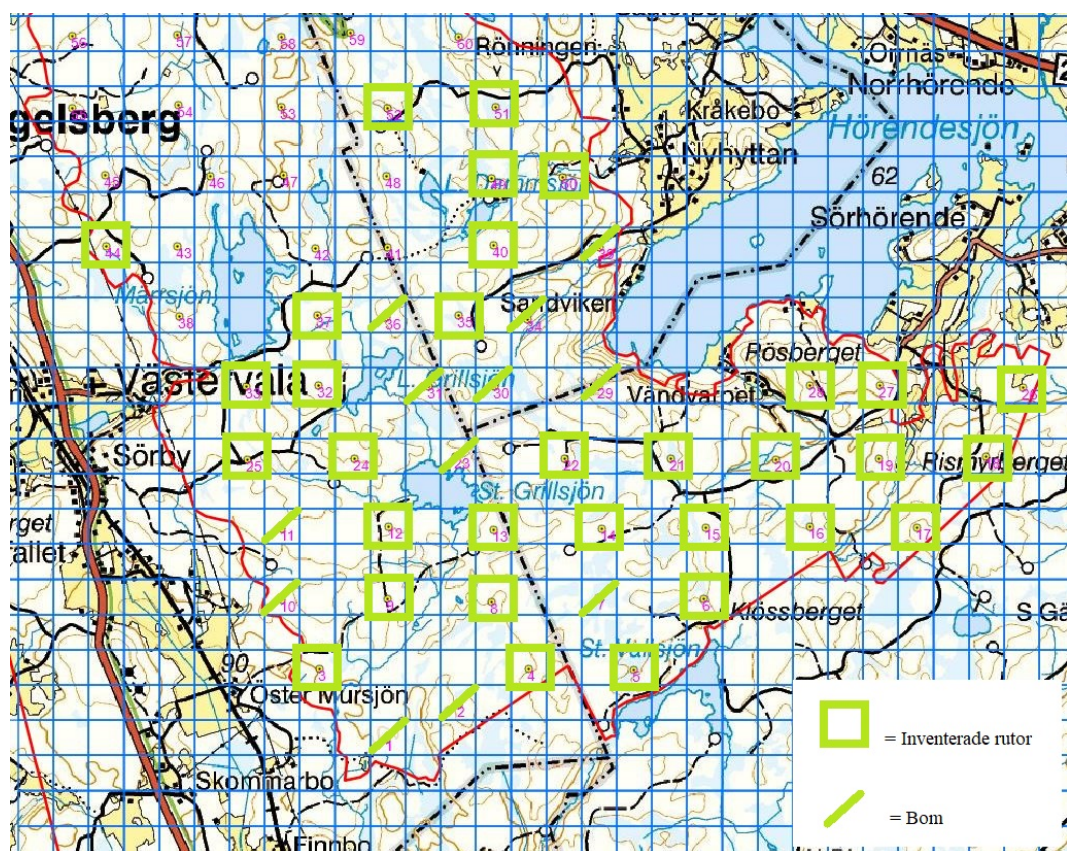
$$\text{Vilttätheten} = (100 \times \text{antalet djur}) \div \text{antalet inventerade hektar}$$

Alla foton skickades till Lantmäteriet för ansökan om spridningstillstånd. Därefter sammanställdes materialet som sedan analyserades av Matts Rolander, skogskonsulent och regional viltexpert på Skogsstyrelsen för dubbelkontroll av artbestämning.

⁹ Neumann, W., et al. (2011). Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145. 70–78. ISSN 0006–3207

4 Resultat

Av de 60 utlagda provrutorna besöktes 41 rutor i fält. 33 av dessa inventerades med värmekameraförsedd drönare (Figur 1). Åtta besökta provrutor gick inte att inventera på grund av låsta bommar eller svåra terrängförhållanden, till exempel nedfallna träd eller blockrik terräng som gjorde det omöjligt att ta sig fram eller skapa en säker start och landningsplats för drönaren. Fem provrutor återinventerades direkt efter första flygningen om träff noterats (Tabell 1). I genomsnitt tog varje provruta 15 minuter att flyga och DroneDeploy tog i snitt 135 foton per provruta.



Figur 1. Bild över vilka rutor som inventerades och inte.

Att flyga med stöd av appen DroneDeploy fungerade för vissa moment. När programmet la upp stråken själv och endast parametrar som höjd, hastighet och överlapp justerades manuellt så fungerade det. Vid återinventering när stråken skulle byta riktning för att få en annan infallsvinkel, fungerade inte programmet enligt de parametrar som matats in. Att byta riktning skulle ge oss möjligheten att undersöka om man såg fler eller färre djur beroende på riktning. Metoden att spela in flygningen via skärminspelning fick uteslutas eftersom funktionen inte fungerade ute i fält. De bilder som DroneDeploy automatiskt samlade in användes i stället för att verifiera värmesignaturer i stället för filmen.

De dagar och nätter med temperatur runt 0°C visade DJI Goggles och iPad tecken på köldkänslighet. De stängde av sig helt utan förvarning på returflygningen hem

och gick inte att starta förrän efter de legat en stund i värmeboxen. Vid nattflygningar hände det vid flera tillfällen att drönarens propellrar drabbades av isbildning under flygning vilket påverkade drönarens motorljud och stabilitet i luften. Isbildningarna torkas bort innan start i nästa provruta. Under flygning blev det ofta en viss eftersläpning i bilden i Ipad. Detta skedde även i DJI Goggles men mer sällan.

Tabell 1. Sammanställning av inventerade provrutor (totalt 330 hektar).

Totalt utlagda provrutor:	60 st.
varav besökta provrutor:	41 st.
Inventerade provrutor:	33 st.
Provrutor ej möjliga att inventera:	8 st.
Återinventerade provrutor:	5 st.
Flygtid per provruta:	15 min.
Antal foton per ruta:	135 st.

Det totala antalet älgar (enskilda individer) som identifierats uppgick till elva stycken. För kronhjort är siffran fem djur och för mindre djur två stycken. I fält registrerades det 31 stycken värmesignaturer. Ingen tendens till aggregering av djuren kunde observeras inom området. I de rutor som återinventerades räknades värmesignaturen endast vid första flygningen. Antal signaturer och beräknad täthet per 1000 hektar redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Skattat antal individer i alla inventerade provrutor baserat på värmesignatur samt beräknad täthet per 1000 ha.

Art	Antal signaturer	Täthet per 1000 ha
Älg	11	33
Kronhjort/rådjur	5	15
Mindre djur inklusive rådjur	2	6
Osäker signatur	13	39

4.1 Återinventering

De fem provrutor som återinventerades visade på skillnader i skattat antal värmesignaturer mellan första flygningen och återinventeringen. Generellt visade återinventeringen på fler signaturer än vid första flygningen. I vissa fall registrerades dubbelt så många signaturer vid andra flygningen. Förklaring till dessa skillnader undersöktes inte vidare.

5 Diskussion och slutsats

5.1 Inventering av vilt och vilttäthet

Resultatet visar att hjortdjur definitivt har kommit tillbaka efter att branden utplånat all vegetation i det inventerade området. Inventeringen visade på förekomst av älg och andra hjortdjur. Tätheten i de inventerade rutorna skattades till 33 älgar per 1000 hektar. Detta är en hög täthet jämfört mot andra skattningar av älgtäthet i länet vilket kan förklaras av att det undersökta området är dominerat av ungskog, det vill säga goda älgbiotoper. Det går inte att ge en tillförlitlig statistisk skattning över området som helhet eftersom ett flertal rutor inte gick att inventera. Tillsammans beräknades tätheten av övriga hjortdjur till 21 individer per 1000 hektar. Artbestämning av de övriga hjortdjuren (kronhjort och rådjur) var svår och denna osäkerhet gör att specifika resultat för dessa arter bör hanteras med försiktighet.

Eftersom ett större antal provrutor föll bort under inventeringen kan vi med säkerhet inte säga om den framräknade tätheten är representativ för området som helhet. Det finns dock inget som direkt tyder på att de inventerade provrutorna skulle ha en beskaffenhet utifrån älgens perspektiv som var mer attraktiva än de som inte inventerades. Därmed kan utgångspunkten vara att tätheten mycket väl kan gälla för området som helhet.

Risken för dubbelräkning av vilt bedöms vara liten. Drönaren position syns i realtid på plattan och på så sätt går det att se vart signaturen befann sig i provrutan. Är viltet i rörelse och liknande signaturer registreras i nästa stråk och i närheten av där första signaturen registrerades kan vi med största sannolikhet säga att det är samma signatur.

För att minimera risken att skrämja viltet så startades drönaren ca 100 m från varje provruta. Vår bedömning är att detta fungerade bra eftersom vi vid ett tillfälle fick bekräftat att viltet stod kvar även fast vi passerat med bil, parkerat och även startat drönaren utan att de tog till flykt.

5.2 Hur säkert var observationerna?

Älgen har en karaktäristisk värmesignatur som är lätt att känna igen. Däremot är värmesignatur av kronhjort och rådjur svårare att särskilja och ju mindre djuret är desto svårare blir artbestämningen. För att uppnå en högre säkerhet hade vi behövt avbryta flygningen och för en stund fokuserat enbart på den upptäckta signaturen. Eftersom tanken var att inventera så många provrutor som möjligt och därmed täcka en större yta var inte detta möjligt p.g.a. av tidsbegränsning. För att vara mer säker på de mindre djuren hade även drönaren behövt gå ner på en lägre höjd, då kommer artens specifika karaktärsdrag fram tydligare. Eftersom metoden är en totalinventering per provruta så finns det inget som hindrar att det görs. Det skulle med andra ord inte vara ett statistiskt problem med att gå ner i höjd vid varje signaturträff för att bättre avgöra art och kanske andra uppgifter som kön och

ålder. Inför inventeringen fick vi information¹⁰, Skogsstyrelsen, om att det skulle kunna finnas kronhjort i området men inte dovhjort. Därför utgick vi ifrån den informationen när vi valde mellan dov- eller kronhjort vid artbestämning av värmesignatur.

5.3 Osäkerhetsfaktorer

En osäkerhetsfaktor vid inventering med värmekamera är risken att missa vilt som står under täta krontak, framför allt barrträd. Värmesignaturen har svårt att ta sig igenom. För att minska risken att missa signaturer är därför rekommendationen att flyga när det är avlövad¹¹. Vid förekomst av täta krontak rekommenderas att flygningen läggs i flera olika stråk som gör att signaturer kan ses från olika vinklar och därmed minska risken att träd skymmer viltet. Ett sätt kan vara att flyga i ett kryssmönster. På så sätt kommer drönarens kamera åt värmesignaturen från flera vinklar. Detta kan medföra att viltet lättare kan artbestämmas.

Eftersom studien gjordes på ett sådant sätt att vi inte avbröt flygningen när signatur visades kan det vara svårt att hinna med och identifiera djuret. Ibland behövs extra betänketid för att först se om djuret står i en svacka eller på en höjd, vilket kan påverka artbestämning. Topografins variation gör att djurets värmesignatur skiftar i storlek. Det kan göra att om det tillexempel står en älg i en djup dal kan den tolkas som en kronhjort eller rådjur. Problemet kan undvikas genom att använda ett mjukvaruprogram som följer markens topografi.

Varför återinventeringen av provrutor visade på betydande skillnader i vissa fall bör undersökas vidare. En förklaring kan vara att djuren trots vår tidigare bedömning blev störda vid första flygningen och att värmen från nyligen lämnade legor kan förväxlas med djur och därmed förklara en ökning av antalet värmesignaturer vid andra flygningen.

5.4 Utrustning

Utrustningen är väderkänslig och påverkas av stark vind, nederbörd, kyla och skarpt solljus. Det är alltid en ökad säkerhetsrisk att flyga drönare i kraftig vind (över 10 m/s). Vissa drönare är IP-klassade och tål fukt och väta, men däremot oftast inte sensorerna. Vind och kyla påverkar även batteriets flygtid. Vissa modeller av drönare är känsliga och har en tendens att inte starta om batteriet är för kallt. Av erfarenhet från tidigare flygningar i kyla så förvarades batterierna i värmebox så länge som möjligt fram till start. iPaden och DJI Goggles som användes under fältarbetet visade sig också vara känsliga för kyla och stängde vid flera tillfällen av sig helt utan förvarning under flygning. Detta var dock inget som påverkade resultatet eftersom det skedde när drönaren var på väg hem efter avslutat rutt. Problemet löstes genom att även förvara iPaden och DJI Goggles i värmeboxen tillsammans med batterierna fram till start.

¹⁰ Rolander, M. Skogskonsulent Skogsstyrelsen, telefonsamtal den 5 mars 2019.

¹¹Petersson, A., Johansson, E. (2017). Älginventering med värmekamera monterad på drönare. Institutionen för träteknik. Linnéuniversitetet, Växjö

5.5 Planering

Fältförsöket planerades flera veckor innan avfärd till Västmanland och flyttades även fram några veckor då osäkerhet uppstod i hur metoden för att samla in fältdata skulle gå till. Eftersom detta är en utforskad metod att använda värmekameraförsedd drönare vid viltinventering så finns det mycket begränsat med tillgänglig känd forskning med refererande text i ämnet. Både planering av och genomförandet i fält samt efterarbetet har därför krävt mycket utprovning och förfining av metoden under tiden projektet fortskred.

Samtliga fältdata samlades in under vecka 49 (3–8 december 2018). 60 stycken provrutor lades ut i ett rutsystem över norra delen av brandområdet. Varje yta var 10 hektar och skapades i KML-filer. Att göra KML-filer säkerställde dels att alla provrutor blev likvärdiga i storlek men även att det gick att förbereda mycket av arbetet på kontoret i förväg. Väl ute i fält gjorde det endast sista-minutenjusteringar innan flygning.

5.6 Fält

Flygstråken i provrutan skapas automatiskt i appen DroneDeploy när KML-filen importerades. Det planerades att flyga åt ett håll vid första inventeringen och sedan motsatt håll när det blev en återinventering. Detta fungerade inte i fält då DroneDeploy av oklar anledning valde att inte flyga i det mönster som manuellt hade ställts in. Programmet gjorde att drönaren tog genvägar vid vändningar som ledde till att flygningen inte blev likvärdig som första. Flygningen blev mindre än 10 hektar och som i sin tur resulterade i mindre insamlat material. För att få rutterna så likvärdiga som möjligt gjordes en kopia av första flygningen.

Flyghastighet på 4 m/s rekommenderas men inte snabbare. Det kan vara svårt att uppfatta vilken typ av djur värmesignaturen indikerar om flyghastigheten ökas. För att undvika oskärpa i bilden är rekommendationen att flyga i lägre hastighet om batteritiden tillåter. Videomaterial av värmesignaturer hade troligtvis varit till en stor hjälp vid analyser inne på kontoret. Detta eftersom viltet fångas från flera olika vinklar och eventuella rörelsemönster kan ge vägledning om art.

Att vara två ute i fält var en mycket bra ide då det ibland blev lagg (störningar) i bilden på iPad. Detta skedde även ibland i DJI Goggles. Att vara två stycken som ser samtidigt gjorde att vi med stor sannolikhet inte missade någon värmesignatur (när det lagga för den ena så kunde alltid den andra se). Varför lagg i bilden uppstod har vi ingen förklaring på.

Flygning planerades att ske i gryning och skymning då vilt rör sig mest¹². På grund av flera olika faktorer så som väder, batterier och framkomlighet så frångicks detta redan första dagen. Flygningen skedde istället vid tillfällena som var lämpliga. Flest registreringar av signaturer gjordes under de ljusa timmarna på dygnet. Varför inventeringens tider frångicks var bland annat på grund av batterierna, laddningen gjorde att tidsschemat inte kunde hållas. Varje batteri tog

¹² Neumann, W., et al. (2011). Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145. 70–78. ISSN 0006–3207

ca 1,20 h att ladda. Fem stycken provrutor flögs på morgonen och efter det behövdes tid för att ladda upp alla batterierna igen innan de fem kvällsytorna kunde flygas. Transporttid i bil från brandområde till hotell (laddstation) tog i snitt 30 min. En batteriladdare för bilens 12V-uttag hade underlättat men det gick inte rent tekniskt att göra med denna modell av drönare då det inte fanns att tillgå.

Vid flygning i mörker valde vi konsekvent att alltid starta på den högsta punkten. I appen DroneDeploy utgår drönaren från startplatsens altitud och följer inte terrängens altitud. Vid framtida inventeringar rekommenderas att använda ett mjukvaruprogram som följer terrängens topografi.

Under tiden batterierna laddades på dagen planerades lämplig kvällsrutt samt tömning av fältdata från minneskort som sedan överfördes till Excel. Laddning av batterier nattetid var ett stort bekymmer. Eftersom vi inte hade något laddningsrack för alla batterier där de kunde laddas i tur och ordning automatiskt så var någon av oss tvungna att byta batteri för laddning varje 1,20 h under hela natten.

Vädret var också en faktor som gjorde att vi fick skjuta på flygtiderna. Vissa dagar blåste det mycket som gjorde att vi efter en riskbedömning avvaktade med att flyga. Under veckan kom det även snö och regn som satte stopp. Fokus låg på att inventera så många provrutor som möjligt istället för att få ett helt täckande rutnät. I brandområdet finns en hel del vägbommar som begränsade framkomligheten. Nycklar och koder till låsen hade hämtats ut på Skogsstyrelsens kontor i Sala men vid vissa tillfällen saknades nyckel eller kod. Detta gjorde att vi inte kunde ta oss fram till vissa provrutor som därför uteslöts ur studien. Det fanns även provrutor som uteslöts på grund av att det inte fanns någon väg som ledde någorlunda fram eller så vart terrängen så pass blockigt att det inte fanns någon start- och landningsplats.

5.7 Tolkning av värmesignaturer

Att på kontoret eftergranska insamlat material är inget som vi anser ska ingå i den ordinarie metoden. Detta eftersom det är en tidskrävande process som i sin tur leder till att metoden blir dyr. Att detta gjordes i denna studie var för att verifiera metoden. Det optimala är om piloten är så pass säker i sin analys av värmesignatur att den kan tolkas direkt ute i fält under flygning. Det gör att metoden blir tids- och kostnadseffektiv. Längre fram kanske det mänskliga ögat i fält blir utbytt mot en mjukvara som kan tolka antingen direkt i fält eller inne på kontoret. Det kan i sin tur leda till ökad effektivitet som då gör det lämpligt att samla in material. Längre fram kanske vi till och med använder markstationer så att fler drönare kan styras samtidigt i luften eller flyga parallellt. Med fler drönaren i luften kan på så sätt större arealer inventeras.

Studien visar att värmekameraförsedd drönare kan användas för att utföra viltinventering men också att metoden behöver vidareutvecklas för att vara ett tillförlitligt alternativ till traditionella viltinventeringsmetoder. Den optimala årstiden att flyga med värmekamera är på hösten, vintern och våren då terrängen har en låg temperatur. Är terrängen uppvärmd kan tillexempel stenar skapa

värmesignaturer som ser ut som liggande vilt. En begränsande faktor med att använda drönare är att det är svårt att täcka in större arealer på grund av drönarens batteritid. Stora arealer kräver många batterier och att start och landning behöver göras med regelbunden intervall. Hur ofta beror på vilken typ av drönare som används.

Det nuvarande regelverket från Transportstyrelsen (TS2017:110) begränsar användningen av drönare på stora arealer då drönaren måste flyga inom synhåll. Ett specialtillstånd (kategori 5C) kan sökas men Transportstyrelsen är restriktiva med att utfärda dessa tillstånd. På grund av gällande regelverk så är inte metoden lämplig för stora arealer.

5.8 Slutsats

Studien visar att det går att inventera hjortdjur med hjälp av en värmekameraförsedd drönare. Inventeringen beräknades till 33 älgar per 1000 hektar. Artbestämning av värmesignaturer behöver utvecklas för att bli mer tillförlitlig.

6 Referenser

Bergqvist, J., Fries, C., Hazell, P., & Isacson, G. (2014) Föryngringsarbetet efter branden i Västmanland 2014.

Eilert, A. (2018). Drönares fördelar och begränsningar vid älginventering med värmekamera. Institutionen för teknik. Lunds Universitet/ Folkuniversitetet, Malmö

DroneDeploy – Mapping for DJI. 2016. Mobil applikation. Tillgänglig på: <https://itunes.apple.com/us/app/dronedeploy-fast-aerial-data/id971358101>. Hämtad: 2019-02-22

Rolander, M. Skogskonsulent Skogsstyrelsen, telefonsamtal den 5 mars 2019.

Neumann, W., et al. (2011). Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. *Biological Conservation* 145. 70–78. ISSN 0006–3207

Peterson, U. (2009). Helikoptersystem inför landning. Protec nr 1. Stockholm.

Petersson, A., Johansson, E. (2017). Älginventering med värmekamera monterad på drönare. Institutionen för träteknik. Linneuniversitetet, Växjö.

Ruth V. Nichols, Joris P. G. M., Cromsigt, Göran Spong. (2015). DNA left on browsed twigs uncovers bite-scale resource use patterns in European ungulates. *Community Ecology*. 178 (1) :275–84

Schönborn, J., Haglund, J., Xie, C. (2014). Pupils early explorations of thermoimaging to interpret heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 1, 118-132

Skogsstyrelsen. (2018). Hemsidan för Skogsstyrelsen. Om oss, vår verksamhet, projekt, drönare till hjälp för skog och vilt i balans. Tillgänglig på: <https://skogsstyrelsen.se/om-oss/var-verksamhet/projekt/dronare-till-hjalp-for-skog-och-vilt-i-balans/> Hämtad: 2018-12-29

Tang, L., Shao, G. (2015). Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of Forestry Research* 26, 4, p.791-797

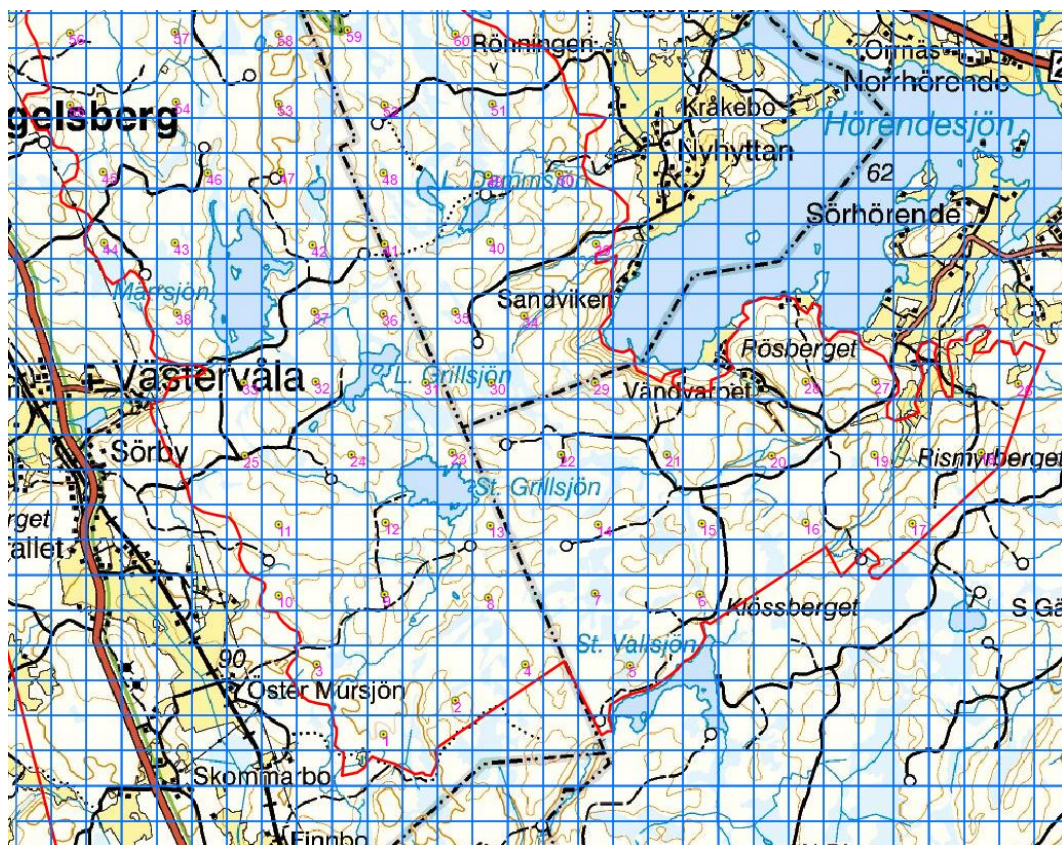
7 Bilagor

Tabell 3. Specifikationer för drönaren som användes i fältförsöket

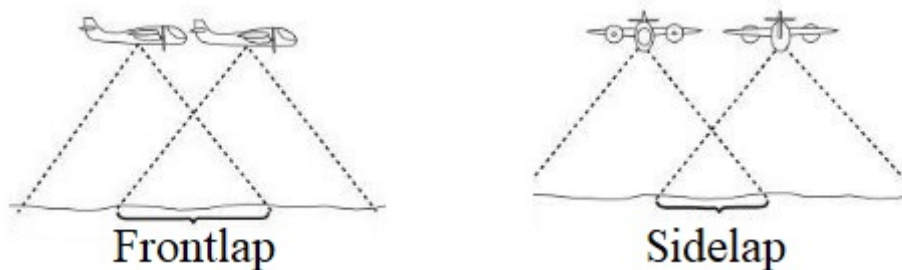
Modell	DJI Inspire 1
Vikt	2 845g ink batteri exkl. värmekamera
GPS noggrannhet	Vertikal: 0,5m, Horisontalt 2,5m
Max lutningsvinkel	35 grader
Max stigningshastighet	5 m/s
Max hastighet	20 m/s (79 km/h)
Max vindhastighet	10 m/s
Max flygtid	18 min vid + 15 grader C
Driftstemperatur	- 10 till + 40 grader C

Tabell 4. Specifikationer för värmekameran som används i fält

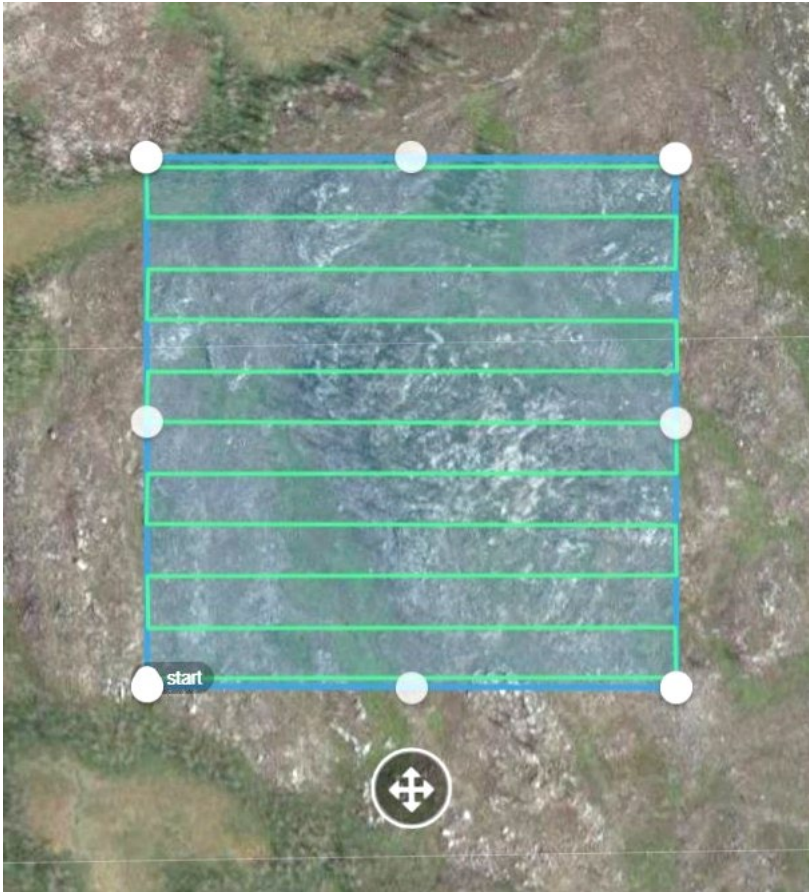
Modell	FLIR XT 640 30Hz
Dimensioner	103mm x 74 mm x 102mm
Vikt	270 g
Värmekamera	Okylad VOx Microbolometer
FPA/ digital video display format	640 x 512
Analog bildskärmsformat	720 x 480 (NTSC); 720 x 576 (PAL)
Bildvinkel	32 x 26 grader
Pixelabstånd	17 um
Spektralband	7.5 – 13.5 um
Full frame rates	640 x 512: 30Hz (NTSC) 25Hz (PAL)
Fyllagring	Micro SD card
Fotoformat	Jpeg, Tiff
Filmformat	MP4
Driftstemperatur	-10 till + 40 grader C
Luftfuktighet	5 % till 95 %



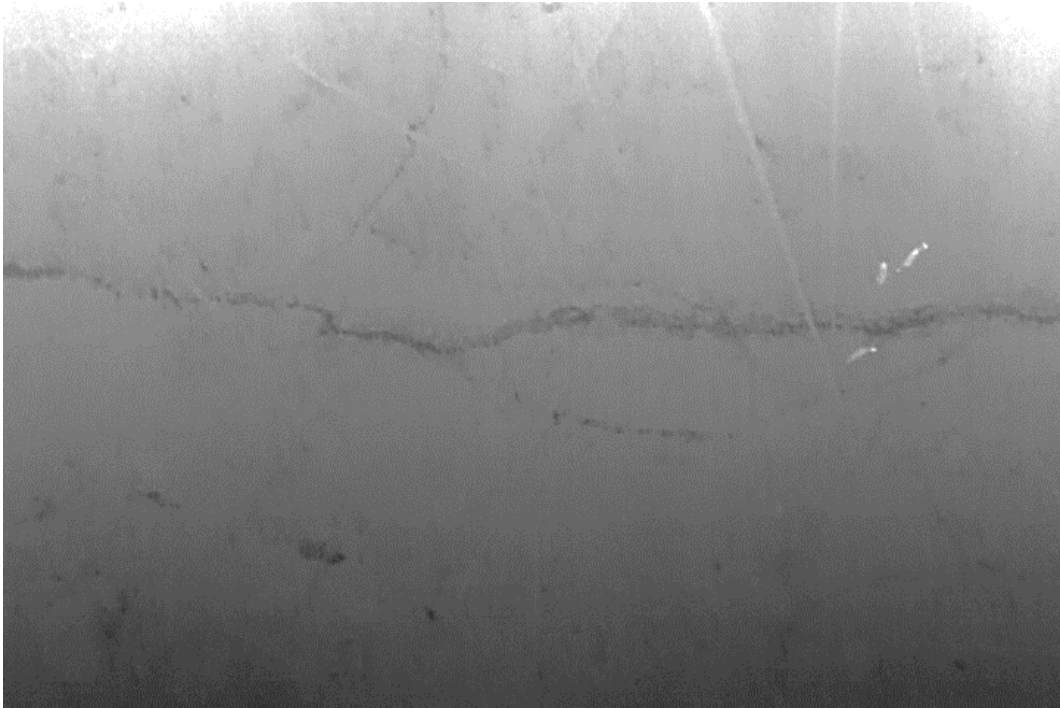
Figur 2. Bilden visar det systematiska mönstret över de 60st provrutorna som lades ut över den norra delen av brandområdet



Figur 3. Förklaring av front- och sidelap



Figur 4. Bild av flygstråk i DroneDeploy över inventeringsruta



Figur 5. Exempel foto på djur och markstrukturer.



Figur 6. Värmesignatur från ett litet djur. Situation där artbestämning kan vara svår. Det kan till exempel vara en räv, hare eller grävling.



Figur 7. Dessa två älgar såg vi klart och tydligt på skärmen och i DJI Googles. På fotot ser vi endast en. Analysen i fält och på kontoret kan ge olika data.



Figur 8. Värmesignatur från litet djur.



Figur 9. För att utesluta att flygning i disigt väder ger sämre värmesignatur utfördes en test. Resultatet är att våra egna värmesignaturer på 60 m syns klart och tydligt vilket betyder att vi även kan se viltets värmesignaturer.



Figur 10. Tre stycken älgar syns tydligt även i disigt väder.

AV SKOGSSTYRELSEN PUBLICERADE RAPPORTER:

- 2012:1 Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
- 2012:2 Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennäring
- 2012:3 Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
- 2012:4 Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
- 2012:5 Skogsbrukets frivilliga avsättningar
- 2012:6 Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringsbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområdena i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot försurning
- 2012:7 Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
- 2012:8 Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
- 2012:9 Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
- 2012:10 Hänsynsuppföljning – grunder
- 2012:11 Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
- 2012:12 Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
- 2013:1 Återväxtstöd efter stormen Gudrun
- 2013:2 Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnygring-smetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
- 2013:3 Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
- 2013:4 Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En dellerans från Dialog om miljöhänsyn
- 2013:5 Målbilder för god miljöhänsyn – En dellerans från Dialog om miljöhänsyn
- 2014:1 Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
- 2014:2 Renbruksplan – från tanke till verklighet
- 2014:3 Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
- 2014:4 Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
- 2014:5 Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
- 2014:6 Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
- 2014:7 Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
- 2015:1 Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
- 2015:2 Skogsmarksgödsling med kväve – Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
- 2015:3 Vegetativt förökad skogsodlingsmaterial
- 2015:4 Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara
- 2015:5 Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket – en landskapsansats
- 2015:6 Lägsta ålder för förnygringsavverkning (LÅF) – en analys av följder av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige
- 2015:7 Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014
- 2015:8 Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering.
- 2015:9 Ångermanälvsprojektet – förslag till miljöförbättrande åtgärder i mellersta Ångermanälven och nedre Fjällsjälven
- 2015:10 Skogliga konsekvensanalyser 2015–SKA 15
- 2015:11 Analys av miljöförhållanden – SKA 15
- 2015:12 Effekter av ett förrändrat klimat–SKA 15
- 2015:13 Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering
- 2016:1 Uppföljning av biologisk mångfald i skog med höga naturvärden – Metodik och genomförande
- 2016:2 Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket
- 2016:3 Kunskapssammanställning skogsbruk på torvmark
- 2016:4 Alternativa skogsskötselmetoder i Vildmarksriket – ett pilotprojekt
- 2016:5 Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2015
- 2016:6 METOD för uppföljning av miljöhänsyn och hänsyn till rennäringen vid stubbskörd
- 2016:7 Nulägesbeskrivning om nyckelbiotoper
- 2016:8 Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada
- 2016:9 Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Exempelsamling
- 2016:10 Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller expoatering
- 2016:11 Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Slutrapport
- 2016:12 Nya och reviderade målbilder för god miljöhänsyn – Skogssektors gemensamma målbilder för god miljöhänsyn vid skogsbruksåtgärder
- 2016:13 Målanpassad ungskogsskötsel
- 2016:14 Översyn av Skogsstyrelsens beräkningsmodell för bruttoavverkning
- 2017:2 Alternativa skötselmetoder i Råndalen – Ett projekt i Härjedalen
- 2017:4 Biologisk mångfald i nyckelbiotoper – Resultat från inventeringen – ”Uppföljning biologisk mångfald” 2009–2015
- 2017:5 Utredning av skogsvårdslagens 6 §
- 2017:6 Skogsstyrelsens återväxtuppföljning – Resultatet från 1999–2016
- 2017:7 Skogsträdens genetiska mångfald: status och åtgärdesbehov
- 2017:8 Skogsstyrelsens arbete för ökad klimatanpassning inom skogssektorn – Handlingsplan
- 2017:9 Implementering av målbilder för god miljöhänsyn – Regeringsuppdrag

- 2017:10 Bioenergi på rätt sätt – Om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder – En översikt initierad av Miljömålsrådet
- 2017:12 Projekt Mera tall! – 2010–2016
- 2017:13 Skogens ekosystemtjänster – status och påverkan
- 2018:1 Produktionshöjande åtgärder – Rapport från samverkansprocess skogsproduktion
- 2018:2 Effektiv skogsskötsel – Delrapport inom Samverkan för ökad skogsproduktion
- 2018:3 Infrastruktur i skogsbruket med betydelse för skogsproduktionen: Nuläge och åtgärdsförslag – Rapport från arbetsgrupp 2 inom projekt Samverkansprocess skogsproduktion
- 2018:4 Åtgärder för att minska skador på skog – Rapport från samverkansprocess skogsproduktion
- 2018:5 Samlad tillsynsplan 2018
- 2018:6 Uppföljning av askåterföring efter spridning
- 2018:7 En analys av styrmedel för skogens sociala värden – Regeringsuppdrag
- 2018:8 Tillvarata jobbpotentialen i de gröna näringarna – Naturnära jobb – Delredovisning av regeringsuppdrag
- 2018:9 Slutrapport – Gemensam inlämningsfunktion för skogsägare – Regeringsuppdrag
- 2018:10 Nulägesbeskrivning av nordvästra Sverige
- 2018:11 Vetenskapligt kunskapsunderlag för nyckelbiotopsinventeringen i nordvästra Sverige
- 2018:12 Statistik om skogsägande/Strukturstatistik
- 2018:13 Föreskrifter för anläggning av skog – Regeringsuppdrag
- 2018:14 Tillvarata jobbpotentialen i de gröna näringarna – Naturnära jobb – Delredovisning av regeringsuppdrag
- 2018:15 Förslag till åtgärder för att kompensera drabbade i skogsbruket för skador med anledning av skogsbränderna sommaren 2018 – Regeringsuppdrag
- 2019:1 Indikatorer för miljö kvalitetsmålet Levande skogar
- 2019:2 Fördjupad utvärdering av Levande skogar 2019
- 2019:3 Den skogliga genbanken – från storhetstid till framtid
- 2019:4 Åtgärder för en jämställd skogssektor
- 2019:5 Slutrapport Tillvarata jobbpotentialen i de gröna näringarna – Naturnära jobb
- 2019:6 Nya målbilder för god miljöhänsyn vid dikesrensning och skyddsdikning
- 2019:7 Återkolonisering av hjortdjur inom brandområdet i Västmanland

AV SKOGSSTYRELSEN PUBLICERADE MEDDELANDEN

Under 2017 slogs Skogsstyrelsens publikationer Rapport och Meddelande ihop till en med namnet Rapport.

2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen	2015:4	Renskogsavtal och lägesbeskrivning i frågor om skogsbruk – rennäring
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning	2015:6	Utvärdering av ekonomiska stöd
2012:3	Beredskap vid skador på skog	2016:1	Kunskapsplattform för skogsproduktion – Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennäring	2016:2	Analys av hur Skogsstyrelsen verkar för att miljömålen ska nås
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning	2016:3	Delrapport – Främja anställning av nyanlända i de gröna näringarna och naturvärden
2013:3	Adaptiv skogsskötsel	2016:4	Skogliga skattningar från laserdata
2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige	2016:5	Kulturarv i skogen
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden	2016:6	Sektorsdialog 2014 och 2015
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys	2016:7	Adaptiv skogsskötsel 2013–2015
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare	2016:8	Agenda 2030 – underlag för genomförande – Ett regeringsuppdrag
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden	2016:9	Implementering av målbilder för god miljöhänsyn
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning	2016:10	Gemensam inlämningsfunktion för skogsägare
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2	2016:11	Samlad tillsynsplan 2017
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder	2017:1	Skogens sociala värden i Skogsstyrelsens rådgivning och information
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag	2017:2	Främja nyanländas väg till anställning i de gröna näringarna och naturvärden
2015:2	Redovisning av arbete med skogens sociala värde	2017:3	Regeringsuppdrag om jämställdhet i skogsbruket
2015:3	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15	2017:4	Avrapportering av regeringsuppdrag om frivilliga avsättningar

PUBLICERING OCH BESTÄLLNING AV SKOGSSTYRELSENS RAPPORTER

Skogsstyrelsens rapporter publiceras som pdf-filer på vår webbplats: www.skogsstyrelsen.se/om-oss/publikationer/

Äldre publikationer kan beställas eller laddas ned i webbutiken: shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/

Skogsstyrelsen publicerar dessutom foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Beställning av publikationer och trycksaker:
Skogsstyrelsen,
Böcker och broschyrer
551 83 JÖNKÖPING

Telefon: 036-35 93 40, 036-35 93 00 (vx)
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se
webbutik: shop.skogsstyrelsen.se/sv/

I den här rapporten redovisas resultatet från en metodtest av viltinventering med värmekameraförsedd drönare inom brandområdet i Västmanland. Rapporten innehåller en redogörelse över vilka hjorddjur som noterades samt en beskrivning och redovisning av metodens fördelar och begränsningar.